

OPTICAL AMPLIFICATION GLASS FIBER

Patent number: JP2004020994
Publication date: 2004-01-22
Inventor: KISHIMOTO SHOICHI
Applicant: NIPPON SHEET GLASS CO LTD
Classification:
- international: G02B6/00; C03C13/04; H01S3/06
- european:
Application number: JP20020176812 20020618
Priority number(s): JP20020176812 20020618

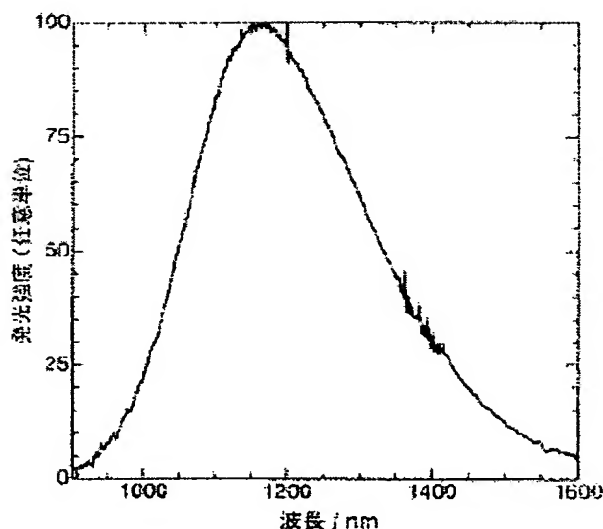
Report a data error here

Abstract of JP2004020994

<P>PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical amplification glass fiber in which a single mode for the mode of propagation is maintained in an exciting light wavelength, and the aperture at a signal light wavelength is boosted, thus an excellent optical amplification characteristics is given. <P>SOLUTION:

Respective materials of the optical amplification glass fiber are so selected that Abbe number of glass which forms a core is larger than or equal to Abbe number of material which forms a clad. It is preferable that the material which forms the core consists of a oxide glass composition containing an oxide of bismuth. In particular, it is preferable that an oxide of bismuth, silicon dioxide, aluminum oxide and bivalent metal oxide are used as essential components.

<P>COPYRIGHT: (C)2004,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-20994
(P2004-20994A)

(43) 公開日 平成16年1月22日(2004.1.22)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G02B 6/00	G02B 6/00 376A	2H050
C03C 13/04	C03C 13/04	4G062
H01S 3/06	H01S 3/06 B	5F072

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-176812 (P2002-176812)	(71) 出願人	000004008
(22) 出願日	平成14年6月18日 (2002. 6. 18)		日本板硝子株式会社
			大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
		(74) 代理人	100128152
			弁理士 伊藤 俊哉
		(72) 発明者	岸本 正一
			大阪市中央区北浜四丁目7番28号 日本
			板硝子株式会社内
		Fターム (参考)	2H050 AB03Z AC03 AD00

最終頁に続く

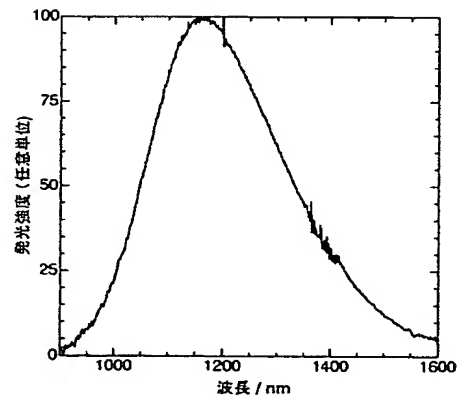
(54) 【発明の名称】 光増幅ガラスファイバ

(57) 【要約】

【課題】少なくともコアが無機ガラスからなる光増幅ガラスファイバにおいて、その増幅特性を改善するためには、その励起光を単一モードで伝搬でき、かつ信号光波長における開口数を高めることが必要である。このために必要な光ファイバの光学的性質を明らかにし、その光学的性質を実現するガラス組成物を提供する。

【解決手段】本発明の光増幅ガラスファイバは、そのコアを構成するガラスのアップベ数をクラッドを構成する材料のアップベ数より大きいもしくは等しくするように、それぞれの材料を選ぶ。コアを構成する材料は、ビスマスの酸化物を含む酸化物ガラス組成物からなるのが好ましく、とくにビスマスの酸化物、二酸化ケイ素、酸化アルミニウムおよび2価金属酸化物を必須成分とするのが好ましい。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくともコアが無機ガラス材料からなり、被増幅信号光を単一モードで伝搬し、それぞれ1層以上のコア／クラッド構造をもつ光増幅ガラスファイバにおいて、前記コアを構成するガラス材料のアッペ数がクラッドを構成する材料のアッペ数に比して大きいもしくは等しいことを特徴とする光増幅ガラスファイバ。

【請求項 2】

前記コアを構成するガラスが、ビスマスの酸化物を含む酸化物ガラス組成物からなることを特徴とする請求項 1 に記載の光増幅ガラスファイバ。

【請求項 3】

前記コアを構成するガラスが、ビスマスの酸化物、二酸化ケイ素 (SiO_2) および酸化アルミニウム (Al_2O_3) および 2 価金属酸化物を必須成分とし、赤外波長域で蛍光を呈するガラス組成物からなることを特徴とする請求項 2 に記載の光増幅ガラスファイバ。

【請求項 4】

前記 2 価金属酸化物が、少なくとも MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO の何れか 1 つである請求項 3 に記載の光増幅ガラスファイバ。

【請求項 5】

少なくとも波長範囲 950～1600 nm の一部で増幅利得が得られる請求項 1～4 のいずれか一項に記載の光増幅ガラスファイバ。

【請求項 6】

少なくとも波長範囲 1000～1400 nm の一部で増幅利得が得られる請求項 5 に記載の光増幅ガラスファイバ。

【請求項 7】

少なくとも波長範囲 1300～1320 nm で増幅利得が得られる請求項 6 に記載の光増幅ガラスファイバ。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

この発明は、光通信分野で利用される赤外波長域での光増幅媒体に関し、とくにコアに無機ガラス材料を用いた光増幅ガラスファイバに関する。

【0002】**【従来の技術】**

光信号を光のまま増幅する光増幅器は、希土類イオンをコアに添加したガラスファイバなどを媒体として 1990 年代頃を中心に精力的に研究開発が進められた結果、実用に供され、実際に様々な分野で利用されるようになってきている。

こうした用途に用いられる光増幅ガラスファイバは、増幅のエネルギー源となるポンプ光と、実際に増幅したい信号光を、そのコア中で重畳できることが必要で、また光通信で要求される高速性のためには、コア内を伝播する光が単一モードであることが必要である。

【0003】

光増幅ファイバの主要なパラメータはその開口数 (NA) とコアの直径 (以下では単にコア径と呼ぶ) であるが、概ね NA を高くするほど、あるいはコア径を小さくするほどその光増幅ファイバを用いた光増幅器の増幅利得を高くすることができる。

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、コア径がある程度 (例えば 3 μm) より細い光ファイバは安定に製造するのが容易でなく、また光増幅器を製造する際の光軸合わせが困難となる場合が多い。

そこで光ファイバの NA を高めることが考えられるが、不用意に NA を高くすると、励起光波長において、光が単一モードで伝播しなくなり、励起光と信号光との重なり度合いが小さくなり、増幅利得が激減してしまうという問題がある。

【0005】

10

20

30

40

50

本発明は、このような従来技術における問題点に着目してなされたものであり、その目的とするところは、励起光波長において伝播モードを単一モードを保ち、かつ信号光波長における開口数を高めることができ、したがって優れた光増幅特性を示す光増幅ガラスファイバを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明が対象とする光増幅ガラスファイバは、被増幅信号光を単一モードで伝搬する光ファイバである。構造は1層以上のコアの外周を1層以上のクラッドが覆う、コア／クラッド構造であり、少なくともコアは無機ガラス材料からなるものとする。このような光増幅ガラスファイバにおいて、そのコアを構成するガラスのアッペ数 ν_1 がクラッドを構成する材料のアッペ数 ν_2 に比して大きいもしくは等しい、すなわち、

$$\nu_1 - \nu_2 \geq 0$$

なる関係が成り立つ材料を用いる。

【0007】

上記の条件はコアを構成するガラスの屈折率の波長分散がクラッドを構成する材料のそれと同等か小さいことを示している。この条件により励起光におけるコアとクラッドの屈折率差が信号光波長における屈折率差より小さいか等しくなる。この条件が満たされていることにより、信号光波長におけるNAを励起光波長におけるNAより大きいか等しくすることができる。つまり、励起光波長において光が単一モードで伝搬し、かつ信号光波長におけるNAが大きい、光増幅特性に優れた光増幅ガラスファイバを得ることが容易になる。

【0008】

本発明の光増幅ガラスファイバのコアガラスは、ビスマスの酸化物を含む酸化物ガラス組成物からなり、好ましくはビスマスの酸化物、二酸化ケイ素(SiO_2)および酸化アルミニウム(Al_2O_3)および2価金属酸化物を必須成分とし、励起光の照射により赤外波長域で蛍光を呈するガラス組成物からなる。さらに前記2価金属酸化物は、少なくとも MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO の何れか1つであることが好ましい。

【0009】

上記組成物は950～1600nmの広い波長域にわたって蛍光を示し、光増幅媒体として使用できる。この組成物をコアとして用いることにより、コアの屈折率の波長分散がクラッドのそれより小さい光増幅ガラスファイバを提供できる。

【0010】

上記本発明の光増幅ガラスファイバは、波長範囲950～1600nmの少なくとも一部の波長領域に適用でき、好ましくは波長範囲1000～1400nmの少なくとも一部の波長領域、さらに好ましくは1300nm～1320nmの波長範囲で増幅利得を有する。

上記波長領域で増幅利得をもつファイバは光通信用としてとくに1310nm帯に好適である。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の形態について詳細に説明する。

本発明が対象とする光増幅ガラスファイバは、1層あるいはそれ以上の層からなるコアの外周を1層あるいはそれ以上の層からなるクラッドが覆う、コア／クラッド構造を有するものとする。この光増幅ガラスファイバは、図1に示すように単一モードの信号光が伝搬する光ファイバ10にカブラ20を用いて励起光(ポンプ光)を第2の光ファイバ12から合流させ、増幅作用を有する光増幅ガラスファイバ30に導入する構成がとられる。図1ではカブラ20は主に光ファイバを用いて構成されるものを示しているが、その他レンズや波長選択反射鏡などを用いたカブラ、平面光導波路を用いたカブラなどを用いてもよい。

【0012】

ここで、励起光は信号光を増幅するためのエネルギー源であるから、励起光の光子のエネルギーは信号光の光子のエネルギーより高くなければならない、つまり励起光の波長 λ_p は信号光の波長 λ_s より短い必要がある。

【0013】

ところで、一般に光ファイバのコアとクラッドを構成する材料の屈折率は波長分散を有しており、波長が短くなるほど屈折率が高くなっている。例えば、図2(a)に示すような波長分散がある場合、励起光の波長 λ_p におけるコアとクラッドの屈折率差 Δn_p が、信号光の波長 λ_s における屈折率差 Δn_s より大きくなると、励起光の波長においては単一モードの伝搬が不能になる可能性がある。従来の光増幅ガラスファイバでは、このような屈折率の波長分散を有している場合が多い。

10

【0014】

この問題は図2(b)に示すような分散特性を有するコア、クラッド材料を用いることにより、解決できる。すなわち、励起光波長 λ_p における屈折率差 Δn_p が信号光波長 λ_s における屈折率差 Δn_s より小さいか等しければ、信号光波長におけるNAを励起光波長におけるNAより大きい等しくすることができる。単一モード伝搬条件はNAと波長の比が小さいほど満たされやすいから、信号光より波長の短い励起光におけるNAは信号光波長におけるより小さいことが望ましい。すなわち、図2(b)に示すような特性をもつ材料を使用することにより、励起光波長において光が単一モードで伝搬し、かつ信号光波長におけるNAが大きい、光増幅特性に優れた光増幅ガラスファイバを得ることが容易になる。

20

【0015】

屈折率の波長分散を示す指標としては、アッペ数が一般に用いられ、これを測定するアッペの屈折計なども市販されている。このアッペ数 ν は、次式で定義される。

$$\nu = (n_D - 1) / (n_F - n_C) \quad (1)$$

ここで、 n_D 、 n_F 、 n_C はそれぞれ それらの波長がフラウンホーファーの輝線スペクトルとして知られている、ナトリウムのD線(波長589.3nm)、水素のF線(波長486.1nm)およびC線(波長656.3nm)における屈折率である。(1)式の定義からもわかるようにアッペ数は屈折率の波長分散が大きい材料ほど小さくなる。

【0016】

図2の関係をこのアッペ数を用いて表現すれば、実用上便利である。すなわち、コアガラスとクラッド材料のアッペ数をそれぞれ ν_1 、 ν_2 とすると、(a)の場合は、

$$\nu_1 - \nu_2 < 0 \quad (2)$$

の関係が成り立つ。一方、(b)の場合は、

$$\nu_1 - \nu_2 \geq 0 \quad (3)$$

の関係が成り立つ。すなわち、(3)式の関係はコアガラスの屈折率の波長分散がクラッド材料の屈折率の波長分散より小さいか、等しいという範囲を示している。

【0017】

アッペ数は上記の定義から可視光領域の所定の波長域における波長分散の程度を示す指標であるが、その大小関係は通常、光通信で用いられる信号光の波長域1.3~1.6 μ mまで拡張しても成り立つと考えられる。したがって、信号光波長に対して(3)式の関係が満たされている単一モード光ファイバであれば、励起光も単一モードで伝搬する。

40

【0018】

また、このように作製された本発明の光増幅ファイバでは、信号光の波長での開口数は励起光の波長における開口数より大きい、または同程度になり、信号光の増幅利得を得ることができる。

【0019】

本発明の発明者は、上記の条件を満たすガラス材料について探索した結果、コアガラスはビスマスの酸化物を含む酸化物ガラス組成物からなることが好ましいことを見出した。このコアガラスは、添加されたビスマスの作用によって赤外域で発光を示し、光増幅機能を発現する。また、その組成を選択することにより、クラッド材料として適した屈折率を有

50

するガラス母材を準備することもできる。

【0020】

ビスマスの酸化物の含有率は、 Bi_2O_3 に換算して、0.01～5モル%の範囲にあることが望ましい。その含有量が0.01モル%未満の場合は、ビスマスの酸化物による赤外発光の強度が弱くなりすぎてしまい、一方、5モル%を越える場合は、赤外発光が発現しなくなり、何れの場合にも光増幅利得が得られなくなる。つまり、ビスマスの酸化物を三酸化ビスマス (Bi_2O_3) に換算した含有量で示して、0.01～5モル%であるのが好ましく、0.01～3モル%であることがより好ましく、さらには0.01～1モル%であることがさらに好ましい。

【0021】

またコアガラスは上記ビスマスの酸化物に加えて、二酸化ケイ素 (SiO_2) および酸化アルミニウム (Al_2O_3) および2価金属酸化物を必須成分とすることが好ましく、さらに前記2価金属酸化物が、少なくとも MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO の何れか1つ以上であることが好ましい。

【0022】

その理由は、 SiO_2 がガラスの網目構造を形成し、コアガラスをガラス状態に保ち得、2価金属酸化物とくに MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO の何れか1つ以上がガラスに含まれることによってガラス融液の粘性を適度に下げられ、ガラス組成物を製造しやすくするとともに光増幅特性、とりわけ増幅利得の波長依存性を制御することができる。また、 Al_2O_3 もまたコアガラスの必須成分とすることが好ましい。それはビスマスが Al_2O_3 とガラス中で共存した時のみ赤外域での発光を示し、増幅利得が得られるからである。

【0023】

コアガラスのより好ましい組成は、酸化物の組成が、含有率の単位をモル%として、下記で示される範囲である。

SiO_2	55～80
Al_2O_3	5～25
Li_2O	0～15
Na_2O	0～5
K_2O	0～5
MgO	0～40
CaO	0～30
SrO	0～5
BaO	0～5
ZnO	0～25
TiO_2	0～10
ZrO_2	0～5
B_2O_3	0～10

これに加えて、2価金属酸化物の含有率の総和

$\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} + \text{ZnO}$

が、0.1～40モル%の範囲にあり、

かつ、ビスマスの酸化物の Bi_2O_3 に換算した含有率が、0.01～5モル%の範囲にあることが望ましい。さらに酸化物として Li_2O を含むことがとくに望ましい。

【0024】

なお、クラッド材料は励起光および信号光波長で透明でその屈折率がコアのそれより小さく、アッペ数が上記の(3)式を満たせば無機ガラスに限らず高分子材料など有機物であっても差し支えない。しかし母材を加熱延伸してファイバを製造するためには、クラッド材料も無機ガラスであることが好ましく、酸化物ガラスであることがさらに好ましい。

【0025】

クラッド材料として酸化物ガラスを用いる場合、そのクラッドガラスの組成は、そのアッ

ベ数 ν_2 が、コアガラスのそれ ν_1 と上述の(3)式の関係を満たすように決めることができる。

【0026】

以下、この発明の実施形態を詳細に説明する。

(ガラス作製)

表1に示した各組成成分の含有率となるように、通常ガラス原料であるシリカ、アルミナ、炭酸リチウム、炭酸ナトリウム、炭酸カリウム、酸化マグネシウム、炭酸カルシウム、炭酸ストロンチウム、炭酸バリウム、チタニア、ジルコニア、酸化ホウ素、および三酸化ビスマスなどを用いてバッチを調合した。

【0027】

なお、三酸化ビスマスの還元防止と、ガラスの清澄を目的として、MgO成分の一部を試薬として市販されている硫酸マグネシウム(MgSO₄)に振り替え、またガラス組成にNa₂Oが含まれている場合は、Na₂O成分の一部を硫酸ナトリウム(ボウ硝、Na₂SO₄)に振り替えて導入した。振り替えた硫酸マグネシウムや硫酸ナトリウムの量は、三酸化ビスマスに対するモル比で1/20とした。

【0028】

調合したバッチを白金ルツボを用いて1600℃で18時間保持し、その後鉄板上に流し出した。流し出したガラス熔融液は10数秒で固化し、このガラスを電気炉中で800℃、30分保持した後、炉の電源を切り、室温まで放冷してコアおよびクラッド用の母材ガラスとした。

【0029】

(屈折率、アッペ数)

得られた母材ガラスから10mm×10mm×厚さ5mmの板状で、互いに直角を成す2面を鏡面研磨した測定用試料を作製した。この試料について市販のアッペ屈折計を用い、屈折率およびアッペ数を測定した。表1に示すコア用母材ガラス(以下、コアガラスと呼ぶ)およびクラッド用母材ガラス(以下、クラッドガラス)は、それぞれ屈折率が1.516および1.512、アッペ数60.6および57.3であった。

【0030】

(ファイバ作製)

次にそれぞれの母材ガラスに対して機械加工を施し、コアガラスは直径5mmの円柱状、クラッドガラスは外径25mm、内径4mmの円筒状にした。コアガラス円柱をクラッドガラス円筒に挿入し、外径が4mmになるように加熱延伸し、コア・クラッドが一体になった円柱を得た。その円柱を、再度上記と同寸法の別のクラッドガラス円筒に挿入して、所定のコア/クラッド径になるように制御しながら紡糸を行ない、コア径3.2μm、クラッド外径125μmの光増幅ガラスファイバを得た。

【0031】

本発明の光増幅ガラスファイバをコアガラス組成物およびクラッド材料から製造する方法は、上記に限定されない。たとえば、コアとクラッドが一体になったプリフォームを作製し加熱延伸する方法、液体あるいは気体原料を分解してガラス微粒子を析出させ、加熱中実化・紡糸する方法、ノズル部が2重構造になったルツボを用い、融液から直接コアクラッド構造を持つファイバを紡糸する方法、などを用いることもできる。

【0032】

(伝搬特性)

上記光増幅ガラスファイバを長さ約3mとり、断面が鏡面になるように切断した。これを直径が約20cmの楕円形になるように丸く曲げて束ねた。波長532nmのレーザー光を、顕微鏡の対物レンズ(NA:0.25)を用いて集光し、ファイバのコアに導入した。ファイバの出射端をCCDカメラで観察し、伝播してくる光の強度分布を観測したところ、きれいな単峰分布を示しており、伝播光は単一モードであり、開口数は0.11であることがわかった。次に、1310nmのレーザー光の伝播特性を上記同様に観測したところ、伝播光はシングルモードであり、開口数は0.12であることが分かった。

【0033】

(光増幅特性)

光増幅特性は以下のようにして測定した。測定系の模式図を図3に示す。励起光源（Nd-YAGレーザの第2高調波）2が発生する波長532nmのレーザ光（連続光）8と信号光源（半導体レーザ）3が発生する波長1310nmのレーザ光（同じく連続光）9とは光合波器4を用いてそれらの進行方向を同軸で一致させる。この光合波器4はダイクロイックミラー41と3つのコリメータレンズ42, 43, 44から構成されるものを用いたが、他の構成のものを用いることもできる。

【0034】

光合波器4から出射する励起光と信号光が合波された光10を、本発明の光増幅ガラスファイバ1のコアに適切に入射する。光増幅ガラスファイバ1の反対端から出射されてくる光11を光分波器5により再び信号光成分13と励起光成分12に分ける。この光分波器5は基本的に光合波器4と同様の構成で、ダイクロイックミラー51と2つのコリメータレンズ52, 53からなる。

【0035】

こうして分離された信号光の波長成分だけの強度を光検出器6で測定し、表示器7に表示する。このため、励起光成分12はビームストップ53によって終端する。また信号光側に赤外透過可視光吸収フィルタ55を挿入し、信号光側に混入する励起光成分を遮断する。

【0036】

励起光を入射させずに信号光のみを入射させたときには、光増幅ガラスファイバからはファイバを透過した信号光だけが出射する。その強度と信号光とともにポンプ光を入射させたときに光増幅ガラスファイバから出射する信号光の波長成分の強度とを比較することにより、本発明の光増幅ガラスファイバによる信号光の増幅倍率を求めることができる。

【0037】

上記光増幅ガラスファイバを、断面が鏡面になるように長さ130cmに切断し、上記の光増幅測定系にセットした。光合波器を介し、信号光としての波長1310nmのレーザ光を光増幅ガラスファイバに入射し、ファイバを出射してくる光の強度を測定した。次に波長1310nmのレーザ光を入射したまま、さらに波長532nmの励起光を光増幅ガラスファイバに入射し、ファイバを出射してくる光の強度を測定した。励起光の強度は光増幅ガラスファイバの入射端で測定して30mWであった。上記、励起光を入射しなかったときと、励起光を入射したときの出射光強度を比較すると、励起光を入射したときの出射光強度の方が1.5倍強かった。つまり、波長1310nmにおいて、1.5倍の増幅利得が得られた。

【0038】

さらに、波長532nmの励起光だけを入射し、図3の光検出器6の代りに、蛍光光度計に接続しASE（Amplified Spontaneous Emission）スペクトルを測定した結果を図4に示す。なお、波長1310nmのレーザ光を入射しなかった理由は、増幅された波長1310nmの光によって、蛍光光度計の検出器が破損されるのを防ぐためである。

【0039】

図4から明らかなように、発光スペクトルは波長約1140nmにピークを持ち、950～1600nmに渡る広い発光帯域が得られている。したがって少なくともこの波長範囲の一部で増幅利得が得られる。発光強度が最大になる波長は約1140nmであり、最大発光強度の1/e以上の強度が得られる波長範囲はおよそ1000nm～1400nmであるから、少なくともこの300nm以上の波長範囲の一部で高い増幅利得が得られる。

【0040】

上記のように、実際にこの波長範囲内の1310nmにおいて増幅利得が観測されている。このことは本発明の光増幅ガラスファイバが、現在光通信で主に用いられている波長領域の一つである1310nm帯（1300～1320nm）で有効に利用できることを示

している。これに加え、これまで適切な光増幅材料が知られていないため、光通信で利用することのできなかった、1100～1300 nmの範囲の波長で動作する新たな光増幅媒体を提供することができる。

【0041】

また図4に示すように、950 nmから1600 nmにわたる蛍光スペクトルの広がりから、極めて広い波長範囲で動作する光増幅器が実現できる。さらに、上記の光増幅特性を利用し、極めて広い波長範囲で発振するレーザを実現することもできる。

【0042】

【表1】

10

mol%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	ZrO ₂	Bi ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	屈折率	アッペ数
コアガラス	74.0	15.0	10.0	0	0	0	1.00	0.01	0	1.516	60.6
クラッドガラス	74.5	12.4	12.4	0.1	0.1	0.4	0	0	0.03	1.512	57.3

20

【0043】

【発明の効果】

本発明の光増幅ガラスファイバは、その励起光におけるコアとクラッドの屈折率差を信号光波長における屈折率差より小さくできるため、励起光が光増幅ガラスファイバ中を単一モード伝搬することを保証できる。したがって光通信用として広い波長域において増幅利得をもつ光増幅ガラスファイバを提供できる。

【図面の簡単な説明】

30

【図1】 光ファイバ増幅器の基本構成を示す図である。

【図2】 光増幅ガラスファイバのコアとクラッドの屈折率の波長分散を示す模式図である。

【図3】 光増幅ガラスファイバの増幅利得の測定装置を示す図である。

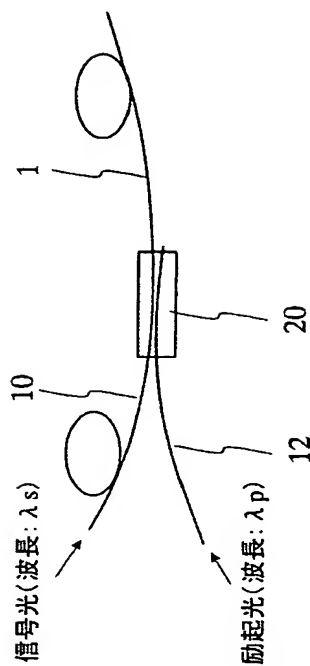
【図4】 本発明の光増幅光ファイバのコアを構成するガラスのASEスペクトルを示す図である。

【符号の説明】

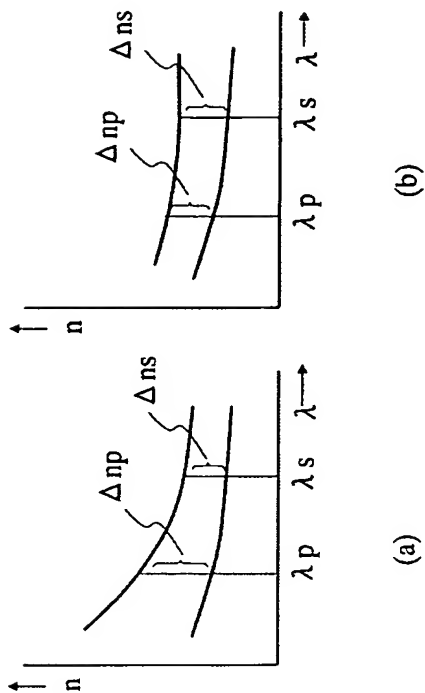
- 1 光増幅ガラスファイバ
- 2 励起光源
- 3 信号光源
- 4 光合波器
- 5 光分波器
- 6 光検出器
- 10、12 光ファイバ
- 20 カプラ

40

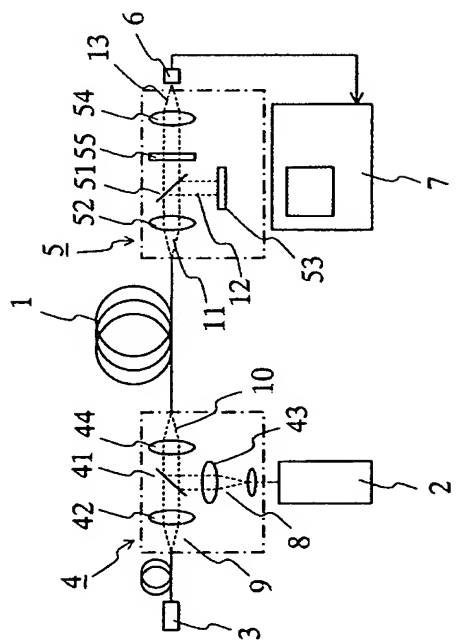
【図 1】



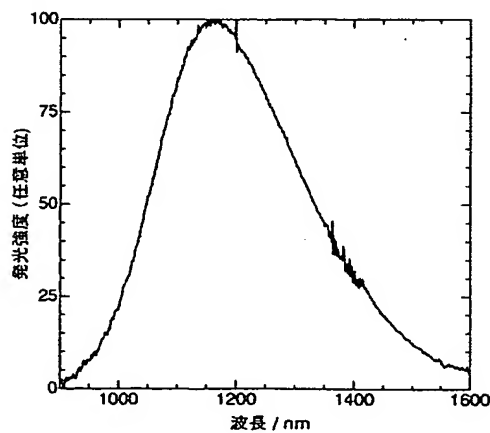
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4G062 AA06 BB01 CC10 DA06 DB03 DB04 DC01 DC02 DC03 DD01
DE01 DE02 DE03 DE04 DF01 EA01 EA02 EA03 EA04 EA10
EB01 EB02 EB03 EC01 EC02 EC03 ED01 ED02 ED03 ED04
ED05 EE01 EE02 EE03 EE04 EF01 EF02 EF03 EG01 EG02
EG03 FA01 FA10 FB01 FB02 FB03 FC01 FC02 FC03 FD01
FE01 FF01 FG01 FH01 FJ01 FK01 FL01 GA02 GA03 GB01
GC01 GD01 GE01 HH01 HH03 HH05 HH07 HH09 HH11 HH13
HH15 HH17 HH20 JJ01 JJ03 JJ05 JJ07 JJ10 KK01 KK03
KK05 KK07 KK10 MM04 NN01 NN40
SF072 AB07 AK06 JJ20 PP07 RR01 SS01 YY17